

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO UTINGA/BELÉM (PA) - A PARTIR DE DADOS HIDROGEOQUÍMICOS.

Autores: Vânia Bahia¹; Norbert Fenzl²; Gundisalvo Piratoba Morales³

RESUMO

O abastecimento da capital paraense é feito basicamente através da captação de águas superficiais. A área fisiográfica do Utinga (área total de 8.989.500 m²) com os lagos *Bolonha* e *Água Preta*, é responsável pelo abastecimento de 75% da população de Belém. Os lagos são reforçados pelo rio Guamá, captada à montante do núcleo urbano belenense.

Devido à pressão urbana com o surgimento de favelas sem saneamento básico, desmatamento e a ocupação de terra com fins especulativos, a Bacia Hidrográfica do Utinga sofre impactos ambientais crescentes, gerando problemas sérios para o órgão responsável pela sua preservação e manutenção.

Em face disso, a presente pesquisa teve como objetivo específico uma **caracterização hidrogeoquímica da Bacia Hidrográfica do Utinga, avaliando os impactos ambientais ocorrentes.**

Os resultados analíticos obtidos para com os principais traçadores realizados em amostras de água subterrânea, refletiram características ambientais dos recursos hídricos da área, não evidenciando contaminação nos mesmos.

No que refere a sua degradação ambiental, vem ocorrendo uma diminuição na área de cobertura vegetal original nos mananciais, causada pelo desmatamento da mata ciliar decorrente da expansão da área urbana. No que se refere à poluição hídrica, verifica-se que a principal fonte de poluição é decorrente de uma deficiente infra-estrutura sanitária.

Palavras-chaves: Hidrogeoquímica; Região Metropolitana de Belém; Degradação Ambiental.

¹ Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica/UFPA: Campus Universitário do Guamá – Setor Profissional - Av. Perimetral, S/N^o – Fone/Fax: (91) 3201-7868 – E-mail: vbahia@ufpa.br;

² Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/UFPA: Campus Universitário do Guamá – Setor Profissional - Av. Perimetral, S/N^o – Fone/Fax: (91) 3201-7868 – E-mail: norbert@ufpa.br;

³ Centro de Ciências Naturais e Tecnologia-CCNT/UEPA: Trav. Enéas Pinheiro, 2626 – Fone: (91) 3276-4011 – E-mail: gundy_morales@yahoo.com.br

ABSTRACT

Water supply in the capital city of the State of Pará is basically provided by surface water sources, and in some instances through underground water sources. The Utinga area (8,989,500 sq m in total), with lakes Bolonha and Água Preta, supplies 75% of the population of the city of Belém. The lakes are reinforced by Guamá River, upstream from the city center.

The Utinga watershed has been exposed to environmental impacts and environmental degradation processes due to the urban pressure caused by surrounding slumbers lacking basic sanitation, deforesting practices, and land occupation, thus causing serious problems for the state agencies which oversee the preservation and maintenance of the area.

The specific goal of our work is to present a **Hydrogeochemistry characterization of the Utinga watershed, assessing resulting environmental impacts in the area.**

The analytical results obtained for leaching tracers carried out in groundwater samples shown environmental characteristics of the water resources in the area, revealing no evidence of contamination due to leaching.

Regarding environmental degradation, there has been a decrease in the vegetation covering the sources original area, directly caused by deforestation for urban expansion. Water pollution results from a poor sanitation infra-structure.

Key words: Hydrogeochemistry; Metropolitan Region of Belem; Environmental Degradation.

1 - INTRODUÇÃO

Em Belém, a maior cidade da Amazônia, com uma população estimada de 1.405.871 habitantes (IBGE, 2005), são visíveis as formas de degradação ao meio ambiente. A cidade cresce de forma confusa e caótica e assim problemas ambientais decorrentes da expansão da metrópole se configuram sobre o meio ambiente oriundos principalmente do crescimento urbano, havendo por isso um quadro socioambiental permissivo e favorecedor de agravos à saúde da população, que ocorrem em grande número, gravidade e proporção.

A problemática da Bacia Hidrográfica do Utinga existe em decorrência da urbanização crescente e desordenada, que se verifica nos municípios de Belém e Ananindeua, levando ao surgimento de bairros, conjuntos residenciais e à multiplicação de favelas. Nesses locais encontram-se as principais nascentes dessa bacia, algumas delas já seriamente comprometidas, pois estão sujeitas à degradação às suas proximidades assim como os lagos Bolonha e Água Preta. Acrescenta-se o impacto provocado pela sazonalidade no período de estiagem e ainda, pelo recalque das águas

superficiais barrentas do rio Guamá, que recebe forte influência da penetração de águas salinas oriundas do Atlântico e das contribuições da contaminação urbana (rejeitos domésticos e industriais).

A presente pesquisa fez uma caracterização hidrogeoquímica da Bacia Hidrográfica do Utinga, com vistas à sua preservação, assim como, conhecer os condicionantes ambientais que possam interferir na mesma, com a finalidade de ocasionar uma maior proteção dos principais mananciais de abastecimento de água potável da população local, que se encontram localizados no interior de sua área.

2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO A ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Utinga está localizada no interior do Parque Ambiental de Belém, ao sul dos limites dos bairros do Souza e a leste do bairro da Terra Firme, na área conhecida como Utinga, pertencente ao município de Belém. Conforme a Lei de Desenvolvimento Urbano de Belém, situa-se na Zona de Proteção de Recursos Naturais (ZPRN), ratificada como área pertencente ao município de Belém pelo protocolo celebrado entre a Prefeitura Municipal de Belém e a Prefeitura Municipal de Ananindeua, em outubro de 1991 (IDESP, 1991) (Figura 1).

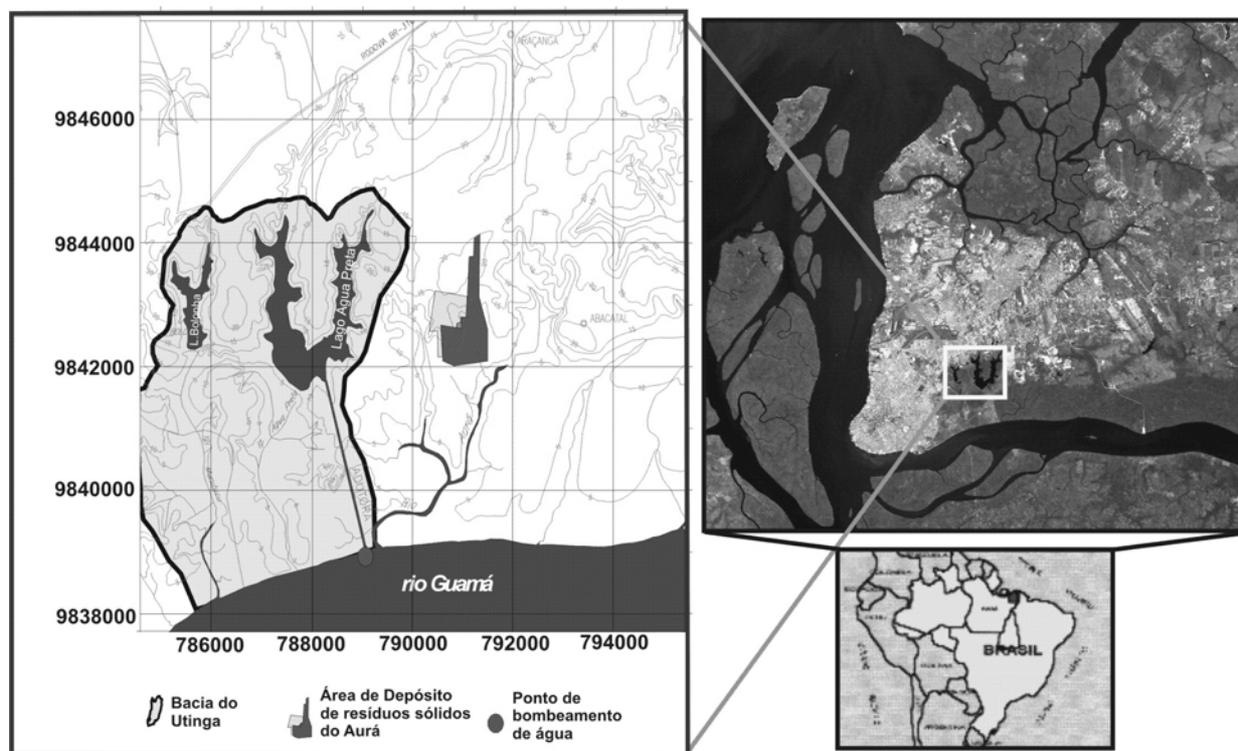


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo (Bahia, 2003).

A Bacia Hidrográfica do Utinga é formada pelos igarapés Murucutu, Água Preta, lagos Bolonha, Água Preta e as suas áreas de entorno. Os lagos Água Preta e Bolonha, situados a NE de Belém são os dois grandes reservatórios de água superficial que a cidade utiliza; são eles formados pela barragem de algumas nascentes e dos “igarapés” dessa região, reforçados por uma adutora que lhes fornece água do Guamá, captada à montante da aglomeração belenense.

O Lago Bolonha possui uma área de 577.127 m² e tem um volume de 1.954.000 m³, já o Lago Água Preta tem uma área de 3.116.860 m² e um volume de 9.905.000 m³. A jusante da represa a vazão natural dos igarapés diminui, facilitando a invasão das águas turvas do Rio Guamá durante a preamar, devido à influência da maré (Figura 2).

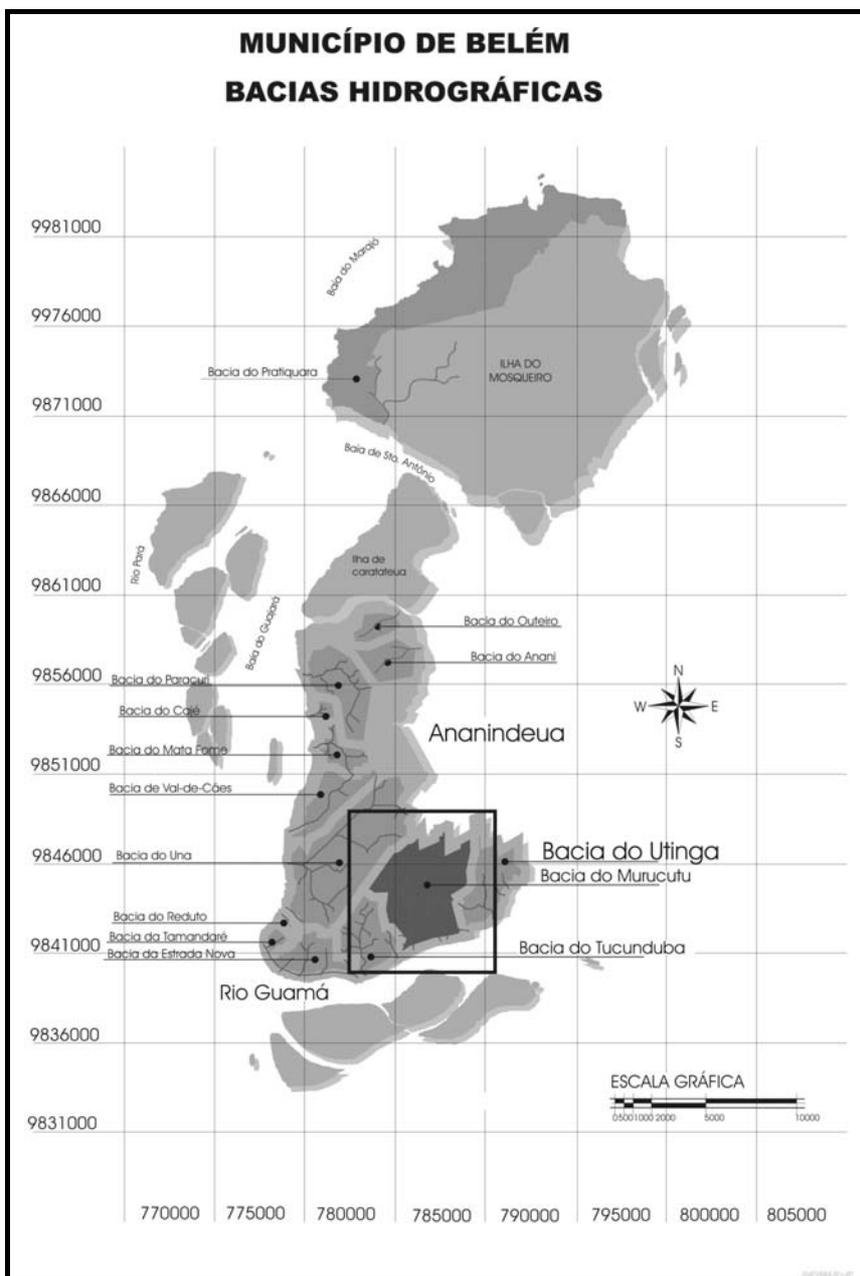


Figura 2 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Utinga.

3 - OBJETIVOS

3.1 - GERAL

- Caracterização hidrogeoquímica da Bacia Hidrográfica do Utinga, avaliando os impactos ambientais ocorrentes.

3.2 - ESPECÍFICOS

- Análise hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de estudo;
- Influência dos impactos urbanos nos recursos hídricos da área.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1 - CLIMA

A Região Metropolitana de Belém possui um clima quente e úmido, apresentando uma pluviosidade elevada, em média de 2.800 mm/ano, com freqüentes chuvas no período tarde/noite. A área de estudo apresenta um clima equatorial úmido, sendo classificada através de Koppen, como um clima do tipo Af (Diniz, 1986; Vieira & Santos, 1987; Santos, 1991).

4.2 - VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal predominante na Região Amazônica é do tipo floresta densa, ocorrendo manchas de cerrado na faixa sedimentar de idade paleozóica no norte e na porção oriental da ilha de Marajó. A vegetação da área metropolitana de Belém e Ananindeua revela áreas ainda cobertas por vegetação primitiva e de áreas que sofreram influência antrópica.

4.3 - HIDROGEOLOGIA

Os principais aquíferos da Região Metropolitana de Belém são constituídos pelos sedimentos clásticos arenosos do Quaternário, do Grupo Barreiras e da Formação Pirabas.

Segundo Pereira et al. (1994), os aquíferos do Quaternário são formados por areias finas a médias, quartzosas, de origem continental, cuja espessura média de sedimentos é de cerca de 20 metros. Localizam-se geralmente na parte superior do terreno, com pequena distribuição espacial e

apresentando alta vulnerabilidade à contaminação.

5 - METODOLOGIA

No desenvolvimento do presente estudo, foram realizados trabalhos de campo e de laboratório.

5.1 - TRABALHO DE CAMPO

5.1.1 - Coleta de amostras de águas subterrâneas

A coleta de água subterrânea ocorreu em poços de monitoramento instalados na área (Figura 3), após os mesmos sofrerem um bombeamento prévio, a fim de se garantir a retirada de no mínimo 3 a 4 vezes o volume da coluna de água. Para a coleta utilizou-se um amostrador de PVC e frascos de armazenamento com volumes apropriados.

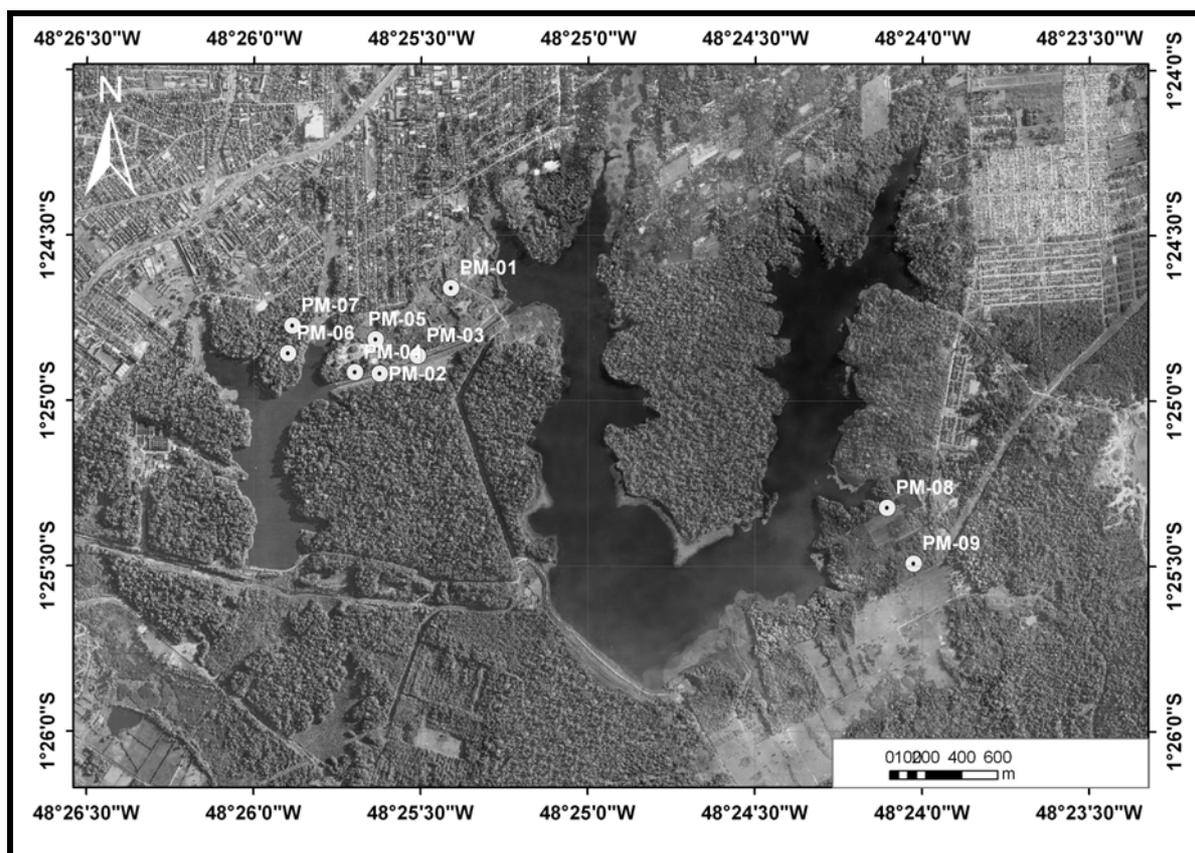


Figura 3 - Localização dos poços de monitoramento na área de estudo.

5.1.1.2 - Parâmetros físico-químicos medidos em campo

Na área de estudo foram feitas as medidas de pH e condutividade elétrica nas águas retiradas dos poços de monitoramento. Utilizou-se um medidor de pH da marca Hanna, modelo 8316 e a condutividade elétrica foi determinada por um medidor de campo marca Hanna modelo 3366, os quais foram previamente calibrados antes de serem utilizados.

5.2 - TRABALHO DE LABORATÓRIO

5.2.1 - Análises químicas em águas subterrâneas

Foi realizada uma campanha de coleta de amostras de água subterrânea em seis poços de monitoramento, ocorrida no mês de setembro/2006, visando analisar os parâmetros para realização das análises físicas, químicas e biológicas da água. Tais análises são de extrema importância para posterior identificação de pontos indicadores de poluentes ou de uma provável contaminação.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: Potencial de hidrogênio (pH), Condutividade Elétrica, Alcalinidade total, Oxigênio Consumido (OC), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Cor, Temperatura, Turbidez, Sódio (Na^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K^+), Cloreto (Cl^-), Sulfato (SO_4^{2-}), Nitrito (NO_2^-), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Metais pesados (Fe, Cd, Zn, Ni).

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONDIÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA

Os arredores da Região Metropolitana de Belém, vêm sofrendo um rápido e intenso processo de ocupação urbana de forma desordenada, o que tem contribuído para acelerar o processo de degradação de seus recursos naturais (Figura 4). A abundância de águas superficiais causa descuidos, desperdício e a degradação dos corpos d'água superficiais e subterrâneos seja por parte da população, seja por parte da deficiência do sistema de distribuição. Assim, as perdas de água potável chegam até uns 50% do total de água produzida, criando uma situação paradoxal e insustentável: falta crônica de água potável em um ambiente de abundância hídrica.

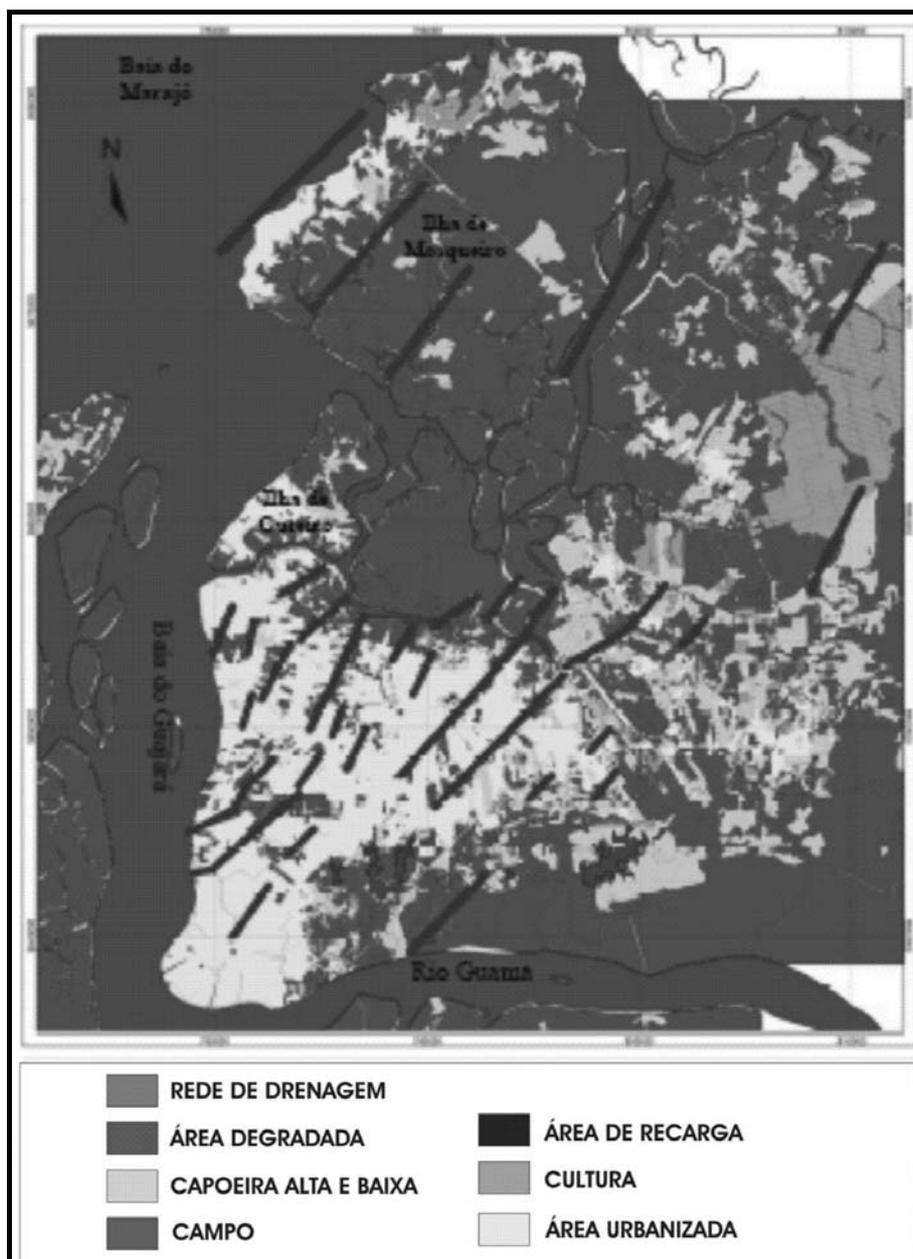


Figura 4 - Mapa de uso e ocupação do solo na Região Metropolitana de Belém.

O avanço do desmatamento na área das matas do Utinga traz consigo uma grande preocupação no sentido da preservação da grande biodiversidade encontrada nessas matas, bem como na diminuição da proteção contra a erosão superficial, que acarreta no aumento do assoreamento das margens e cabeceiras dos lagos.

A conservação dessa rica biodiversidade encontrada nas matas do Utinga é de fundamental importância para a manutenção da capacidade de suporte dos lagos Bolonha e Água Preta, pois a grande carga líquida e de material sólido lançados *in natura* pelos efluentes residenciais e industriais despejados diretamente nos lagos, podem levar a sua eutrofização (Figura 5).

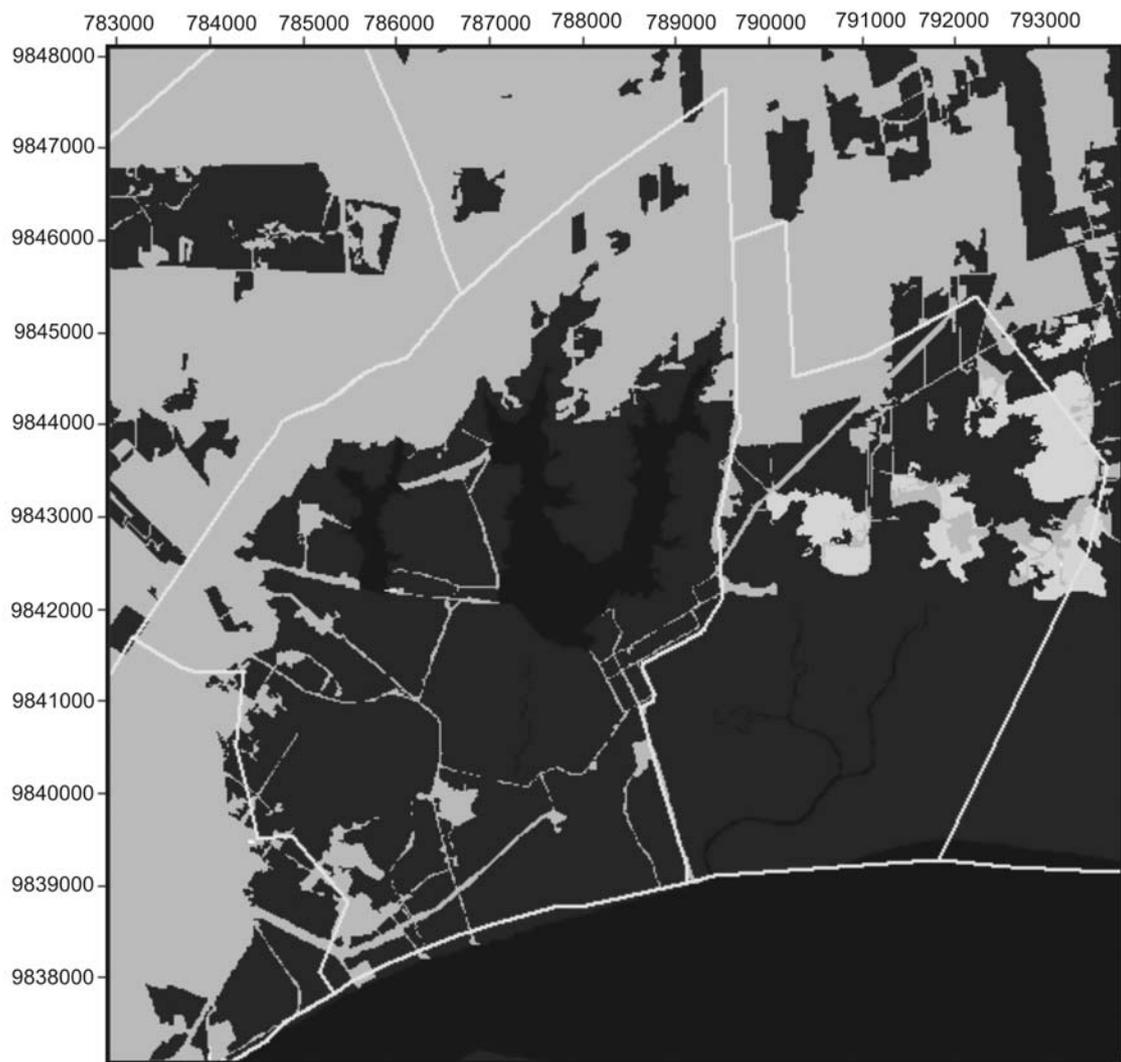


Figura 5 - Estado da cobertura vegetal na área da Bacia Hidrográfica do Utinga.

A capacidade de autodepuração dos lagos, pode ficar comprometida a médio e longo prazo, diante também de outro fator de grande importância no processo de degradação ambiental na área dos mananciais do Utinga, a poluição hídrica causada pela precariedade local do sistema de saneamento básico, principalmente nas áreas ocupadas pelos assentamentos espontâneos (invasões) localizados, geralmente, nas proximidades das cabeceiras dos lagos (Figura 6).



Figura 6 - Precariedade do sistema de saneamento básico em um bairro localizado na cabeceira do Lago Bolonha (Bordalo, 2006).

A fonte de poluição hídrica originada externamente, é decorrente da contaminação feita pela rede de coleta de esgoto sem tratamento, despejada diretamente um volume diário de 18,294 m³/dia nos igarapés e canais que drenam grande parte da metrópole, se destinando a baía do Guajará e ao rio Guamá (Figura 7).



Figura 7 – Fonte de poluição hídrica em um dos bairros localizados no entorno da Bacia Hidrográfica do Utinga (Bordalo, 2006).

6.2 – INFLUÊNCIA DOS IMPACTOS URBANOS NOS RECURSOS SUBTERRÂNEOS DA ÁREA

No caso da Bacia Hidrográfica do Utinga, os riscos mais iminentes identificados, são os relacionados com os recursos hídricos subterrâneos e superficiais. O fato dos lagos e igarapés da área encontrarem-se localizado nas cotas topográficas relativamente baixas (entre 0 e 5 m), numa área de proteção ambiental, que apresenta características geológicas vulneráveis, coloca em alto grau de vulnerabilidade o sistema hídrico superficial e subterrâneo.

O resultado das diferentes análises químicas foram organizados e sistematizados computacionalmente (Tabelas 1 a 3 e Figuras 8 a 22). Para efeitos da discussão os resultados foram comparados com os padrões de qualidade legislados no Artigo 15 da Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Os poços de monitoramento estudados foram PM-3, PM-5, PM-6, PM-7, PM-8.

Tabela 1 - Resultados analíticos em amostras de águas subterrâneas.

Parâmetros	pH	Condutividade	Cor	Turbidez	Alcalinidade	STD	NO ₂
UNIDADES	X	µS/cm	mgPtCo	NTU	mg/L CaCO ₃	mg/	mg/L NO ₂
PMN – 3	5.23	39.5	282.9	943	8	25	0.031
PMN – 5	4.67	280	63.3	211	8	39	0.003
PMN – 6	4.65	96	24.0	57.8	8	45	0.006
PMN – 7	4.63	82	280.0	1000	12	133	0
PMN – 8	5.51	52.8	2.5	4.84	28	18	0
CONAMA	6 a 9	NR	75.0	100	NR	500	1
MÉDIA	4.94	110.06	121.28	386.11	12.80	126.67	0.17
DESV-PAD	0.41	97.62	126.80	458.84	8.67	187.57	0.41

Tabela 2 - Resultados analíticos em amostras de águas subterrâneas.

Parâmetros	HCO ₃	Cloreto	Sulfato	DQO	DBO	O.C.
UNIDADES	mg/L	mg/L Cl	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PMN – 3	8.00	7.8	112.5	27.25	2.20	2.9
PMN – 5	8.00	5.3	17.1	25.98	1.73	2.2
PMN – 6	8.00	10.5	13.5	27.25	2.20	2.9
PMN – 7	12.00	22.4	122.3	24.28	1.10	1.3
PMN – 8	28.00	7.9	0.2	24.70	1.25	1.5
CONAMA	NR	250	250.0	NR	5.00	NR
MÉDIA	12.80	50.64	85.94	25.89	2.25	2.15
DESV-PAD	8.67	6.74	59.14	1.39	0.51	0.74

Tabela 3 - Resultados analíticos em amostras de águas subterrâneas.

Parâmetros	Fe sol.	Fe total	Ca	K	Na	Mg	Cd	Ni	Zn
UNIDADES	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PMN – 3	0.25	6.662	1.486	1.454	0.122	0.257	0.004	0.000	0.035
PMN – 5	0.24	0.395	0.235	5.427	0.197	0.299	0.004	0.000	0.028
PMN – 6	0.26	0.087	0.266	0.971	0.917	0.169	0.004	0.000	0.105
PMN – 7	0.23	1.036	3.395	3.142	2.334	1.065	0.004	0.000	0.206
PMN – 8	0.1	0.120	0.947	1.096	0.188	0.149	0.004	0.000	0.066
CONAMA	0.3	NR	NR	NR	NR	NR	0.001	0.025	0.180
MÉDIA	0.22	1.66	1.27	2.42	0.75	0.39	0.004	0.000	0.088
DESVIO PADRÃO	0.07	2.82	1.30	1.89	0.94	0.38	0.000	0.000	0.073

Os resultados de pH em todas as amostras coletadas ficaram abaixo do menor valor aceito pela legislação vigente. Esses valores de pH na faixa ácido são característicos dos climas tropicais com abundantes precipitações pluviométricas com ambientes drasticamente lixiviados onde predominam os elementos de menor mobilidade geoquímica tais como o ferro, alumínio e manganês. Os baixos valores de pH podem ter sido causados pela presença de ácidos orgânicos provenientes da abundante vegetação na área de estudo. Portanto, os valores de pH podem ser considerados normais para ambientes da região amazônica (Figura 8).

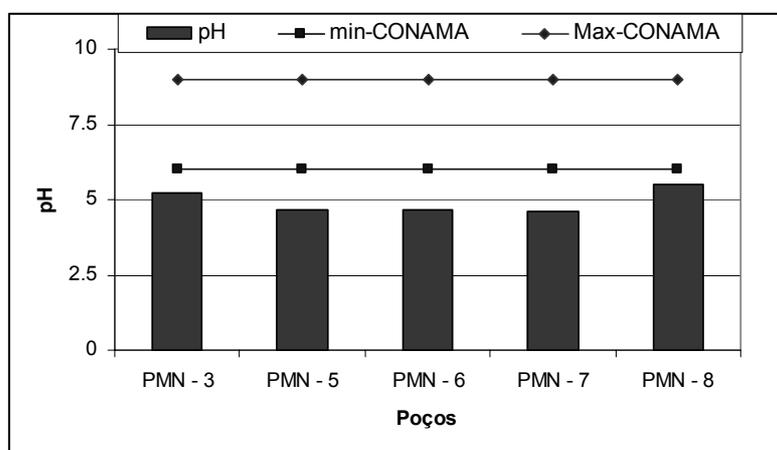


Figura 8 - Resultados de pH em amostras de águas subterrâneas.

Os valores de condutividade confirmam uma vez mais a presença de ambientes fortemente lixiviados onde os elementos maiores (Na, Ca, K e Mg) responsáveis pelas características básicas já migraram para o sistema hídrico deixando-os com características ácidas, com a presença de alumínio e ferro. Valores acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ foram observados no PM-5 e PM-6, poços que mostraram ter sinais de violação na suas tampas no momento da coleta (Figura 9).

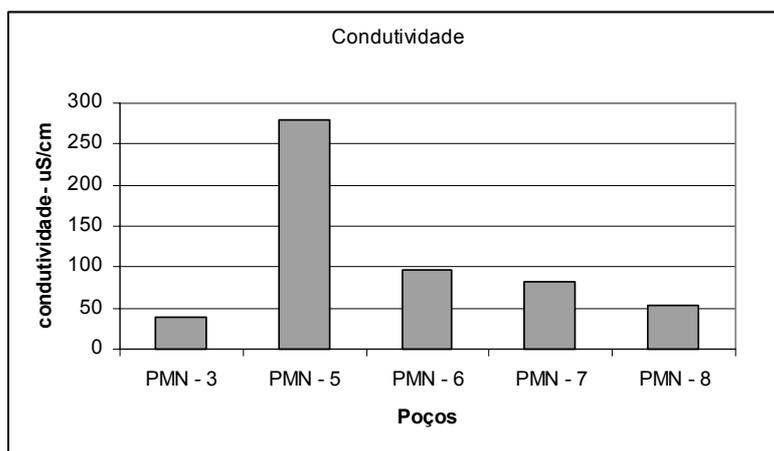


Figura 9 - Resultados de Condutividade em amostras de águas subterrâneas.

Em relação com os parâmetros físicos da cor e da turbidez, os poços PM-3 e PM-7, com valores de cor de 283 e 280 mg PtCo/L e 943 e 1000 UNT respectivamente, mostraram valores desses dois parâmetros acima dos permitidos na legislação. A causa dessas anomalias pode ser a mesma explanada para os valores de condutividade (Figuras 10 e 11).

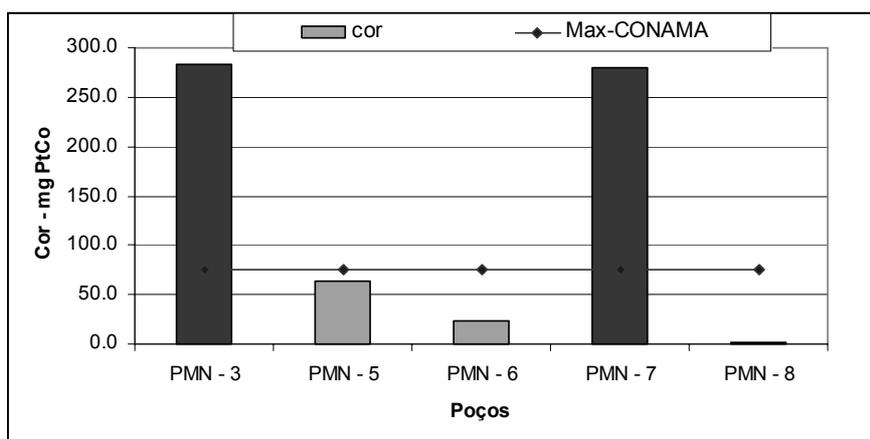


Figura 10 - Resultados da Cor em amostras de águas subterrâneas.

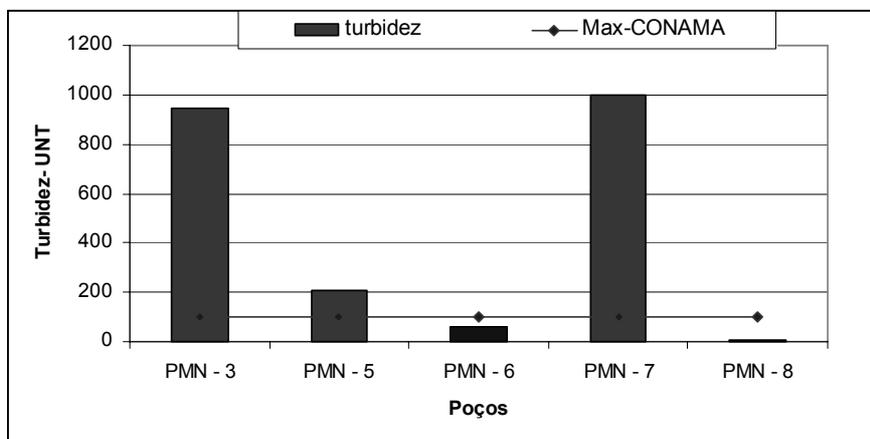


Figura 11 - Resultados de Turbidez em amostras de águas subterrâneas.

As amostras de água apresentaram valores relativamente baixos em relação aos Sólidos Totais Dissolvidos com média de 126 mg/L, ficando dentro da faixa de aceitação da Resolução CONAMA 357 (Figura 12).

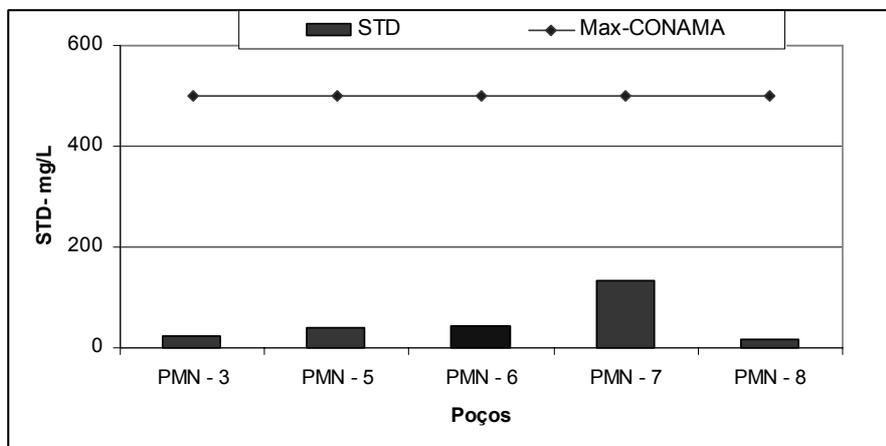


Figura 12 - Resultados de STD em amostras de águas subterrâneas.

Os valores de Nitrito nas amostras de águas subterrâneas exibiram uma média de 0.01 mg/L, e desvio padrão de 0.41, sendo que todas as amostras ficaram dentro dos padrões de qualidade legais (Figura 13).

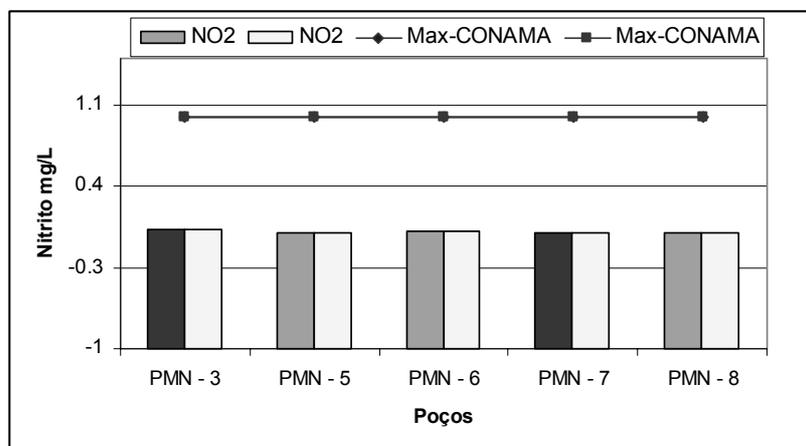


Figura 13 - Resultados de NO₂ em amostras de águas subterrâneas.

Em relação com os parâmetros de cloreto, as amostras apresentaram uma média de 50,65 mg/L, valor bem menor de 250 mg/L correspondente ao padrão de qualidade das águas classe II. O mesmo comportamento foi observado para os resultados analíticos de sulfato onde a média de 85,94 mg/L ficou dentro do padrão de qualidade de 250 mg/L. Os maiores valores de cloreto e sulfato foram observados nos poços suspeitos de serem violados e contaminados. Esses valores elevados causaram um aumento nos valores relacionados ao desvio padrão, em relação com a média, chegando a 85,14 para o sulfato e 6,74 para o cloreto (Figuras 14 e 15).

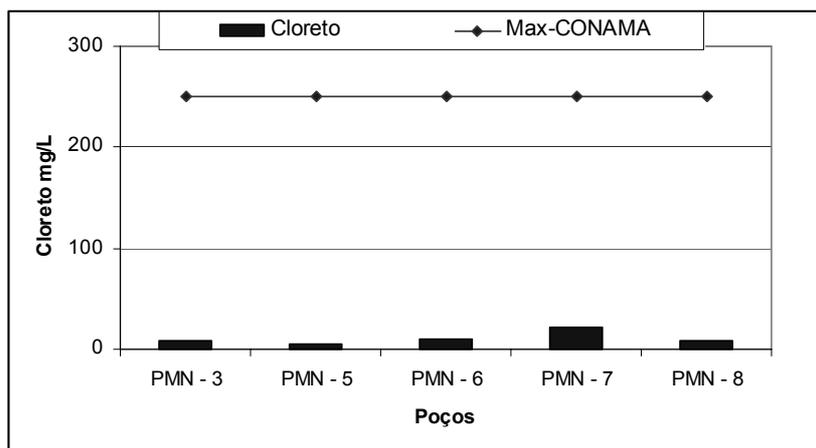


Figura 14 - Resultados de Cloreto em amostras de águas subterrâneas.

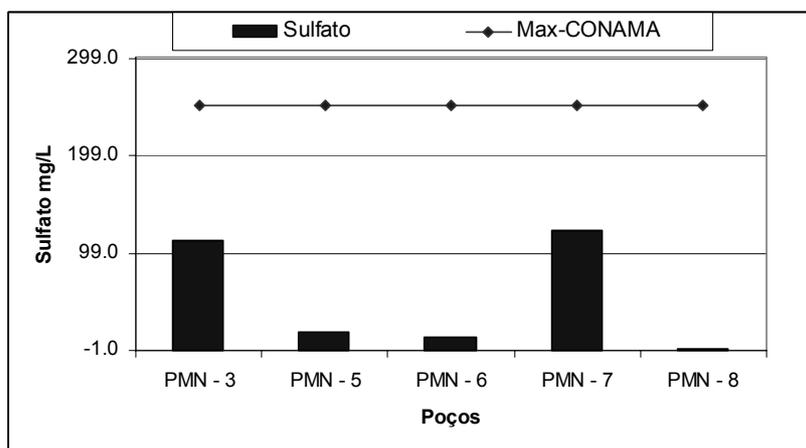


Figura 15 - Resultados de Sulfato em amostras de águas subterrâneas.

Os parâmetros da DBO e DQO mostraram valores relativamente baixos e característicos de águas não contaminadas. Os valores da DBO abaixo de valores de 5 mg/L, com média de 2,25 mg/L não indicam presença de matéria orgânica possível de ser estabilizada pela via biológica. A DQO mostrou valores na média de 25,9 e desvio padrão de 1,39, mostrando valor relativamente maior em relação à DBO, indicando a presença de substâncias químicas susceptíveis de serem oxidadas somente pela via química (Figura 16).

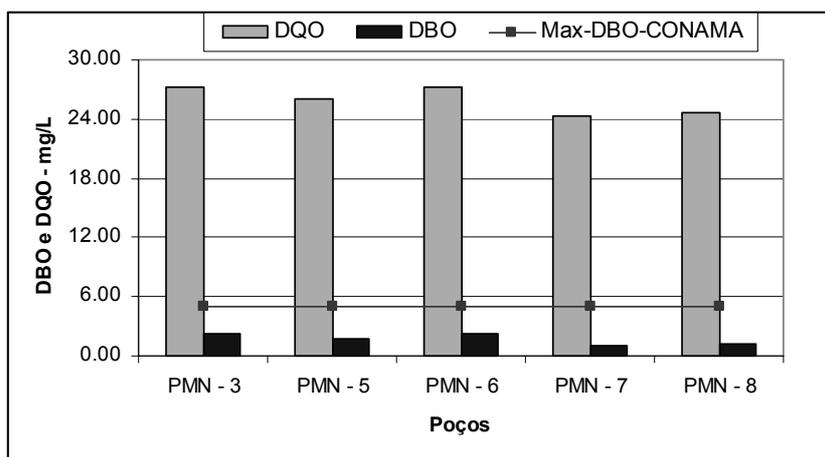


Figura 16 - Resultados de DBO e DQO em amostras de águas subterrâneas.

No que se refere ao O.C, valores baixos com média de 2,15 e desvio padrão de 0,74, foram observados nas amostras de águas subterrâneas, não obstante esses valores se mostraram compatíveis com os valores de DBO, indicando baixo conteúdo da matéria orgânica (Figura 17).

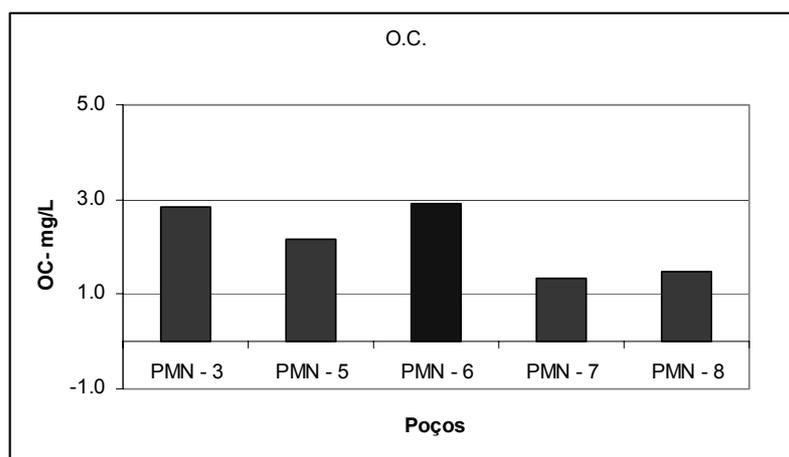


Figura 17 - Resultados de O.C. em amostras de águas subterrâneas.

Diferenças significativas foram observadas entre o ferro total e o ferro dissolvido, indicando que a técnica analítica é determinante neste resultado. O ferro dissolvido mostrou valores dentro da faixa de aceitação do CONAMA (até 0,3 mg/L), com média de 0,22 e desvio padrão de 0,07, já o ferro total mostrou valores bem maiores refletido na média que atingiu 1,66 e desvio padrão de 2,82. A presença de material particulado em suspensão representado especialmente por argilas pode ter causado esses valores e elevado o ferro total. O parâmetro de ferro total não apresenta padrão de qualidade na Resolução CONAMA 357 (Figura 18).

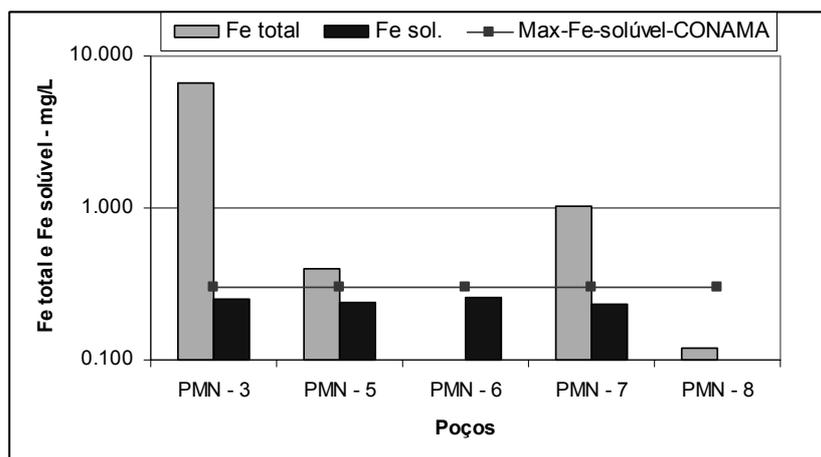


Figura 18 - Resultados de Fe Total e Fe Solúvel em amostras de águas subterrâneas.

Valores relativamente baixos de Ca^{2+} (média de 1,27 mg/L), K^+ (média de 2,42mg/L), Na^+ (média de 0,75 mg/L) e Mg^{2+} (média de 0,39 mg/L) indicam a presença de ambiente lixiviado onde estes elementos na sua grande maioria foram dissolvidos no sistema hídrico. Esses elementos não apresentam padrão de qualidade, mas são importantes na classificação geoquímica das águas subterrâneas (Figura 19).

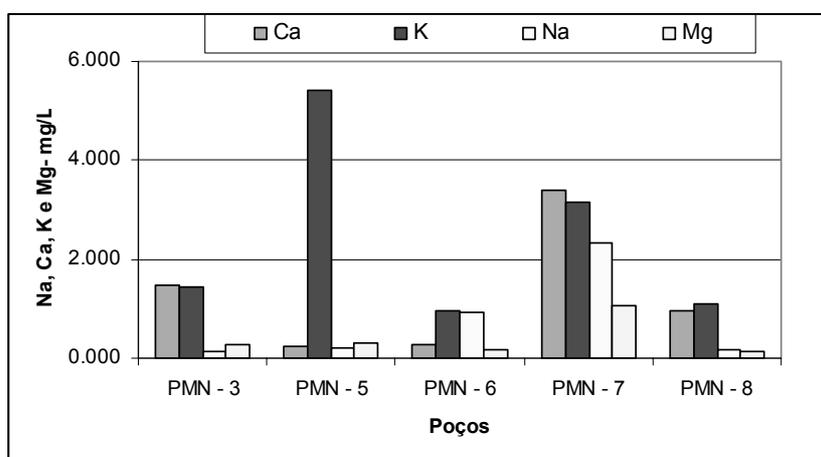


Figura 19 - Resultados de Na^+ , Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+} em amostras de águas subterrâneas.

Em relação aos metais pesados Cd, Ni e Zn, pode se observar que o cádmio com média de 0,04, mostrou-se acima dos valores legislado (Figura 20). Essa anomalia do cádmio pode ter origem geológica, embora estudos mais aprofundados fossem necessários para determinar as verdadeiras causa desses valores. O níquel não foi detectado e o zinco, com média de 0,88 e desvio padrão de 0,073, mostrou-se dentro dos padrões de qualidade do CONAMA 357 (Figura 21 e 22) .

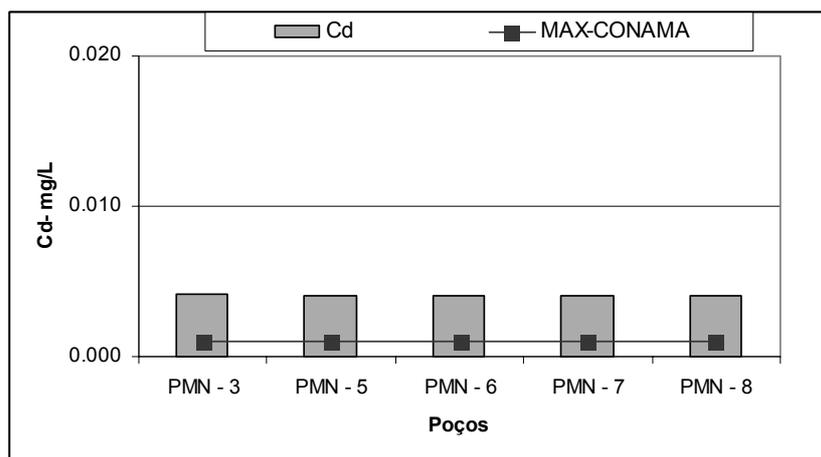


Figura 20 - Resultados de Cádmio em amostras de águas subterrâneas.

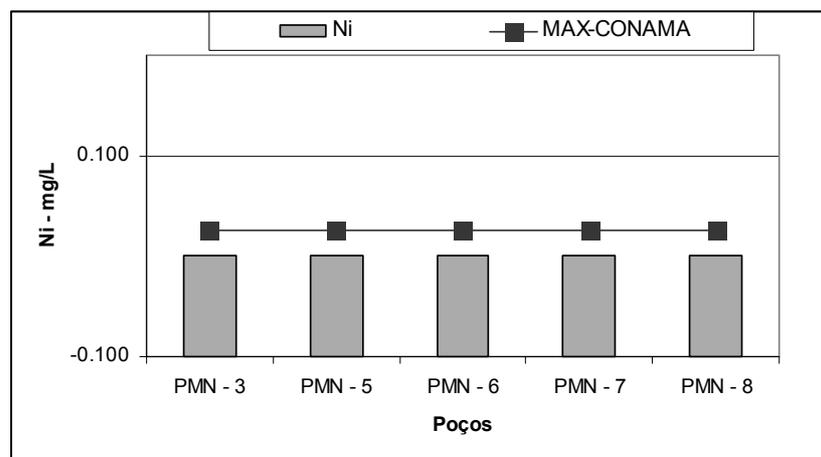


Figura 21 - Resultados de Níquel em amostras de águas subterrâneas.

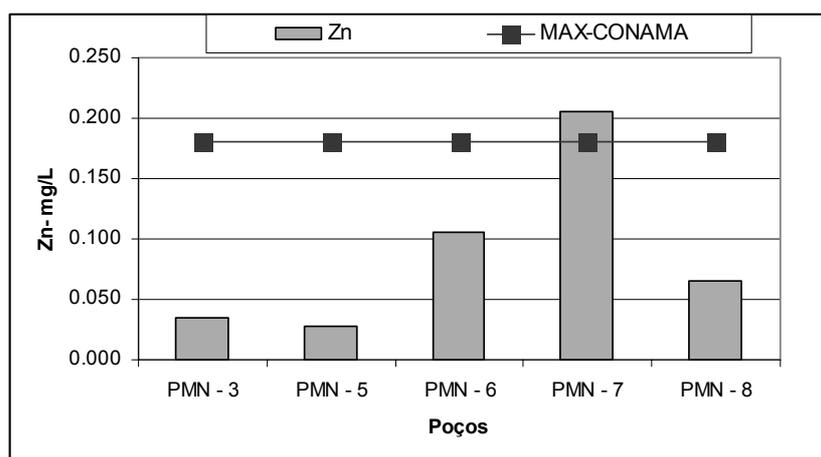


Figura 22 - Resultados de Zinco em amostras de águas subterrâneas.

7 - CONCLUSÕES

Parte do abastecimento de água da RMB é oriundo do Rio Guamá, o qual tem como reservatórios intermediários os lagos Água Preta e Bolonha que conjuntamente constituem o manancial do Utinga. A ocupação das áreas entorno desse sistema é feita, principalmente, pela população de baixa renda, que não dispõe de saneamento básico e por isso lança indiscriminadamente seus esgotos domiciliares e lixo às margens desses cursos d'água. Somando-se a isso, ocorre um extenso desmatamento, ocasionando diversos problemas tais como a lixiviação do solo e um intenso assoreamento nos referidos mananciais.

Os resultados analíticos obtidos nos poços que se encontram localizados próximos aos lagos e em uma área de extrema expansão urbana, não mostraram evidência de os mesmos estarem poluídos. Além disso, deve-se considerar outras variáveis, como a existência de outros poços e principalmente de igarapés e canais, visto que os mesmos estão atuando como um sistema drenante dos fluxos superficiais e subterrâneos na área.

8 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa, pelo financiamento do referido projeto de estudo através do Processo Nº 476413-2004-4.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA, V. E. 2003. *Estudo hidrogeológico da área localizada entre o Depósito de Lixo Metropolitano de Belém (Aurá) e o Lago Água Preta*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 117 p. (Dissertação de Mestrado).

BORDALO, C. A. L. 2006. *O desafio das águas numa metrópole amazônica: uma reflexão das políticas de proteção dos mananciais da Região Metropolitana de Belém – PA (1984-2004)*. Belém. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. 369p. (Tese de Doutorado).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). 2005. *Resolução Nº 357*. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 mar. 23p.

- DINIZ, T.D. de A.S. 1986. *Característica climática da Amazônia Oriental: Pesquisa sobre utilização e conservação do solo da Amazônia Oriental*. Relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU/GTZ. p.3-13 (Belém documentos, 40).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2005. Estimativa do universo populacional. *Recenseamento geral do Brasil*. Rio de Janeiro. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 18/07/2005.
- IDESP. 1991. *Estudo ambiental do Utingã, vida útil do sistema de abastecimento de água de Belém*. Relatório de Pesquisa Nº 19. Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico Social do Pará. 24p.
- PEREIRA, S.F.; OU Z.Y. & KIMBLE H. J. 1994. *Backaction evading measurement for quantum nondemolition detection and quantum optical tapping*. Phys. Rev. Lett. 72:214 .
- PIRATOBA MORALES, G. 2002. *Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do Depósito de Resíduos Sólidos do Aurá*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 220p. (Tese de Doutorado).
- SANTOS, E.C. dos. 1991. *Estudo de impacto ambiental do complexo de destino final de resíduos sólidos da Região Metropolitana de Belém*. Belém, Fadesp/Sesan. 427p.
- VIEIRA, L.S. & SANTOS, P.C.T. 1987. *Amazônia: seus solos e recursos naturais*. São Paulo. Agronômica Ceres. 416p.